



PCT/CH 2004/00155

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

REC'D 22 MAR 2004

WIPO

PCT

**Bescheinigung**

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

**Attestation**

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

**Attestazione**

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern,

1 6. März 2004

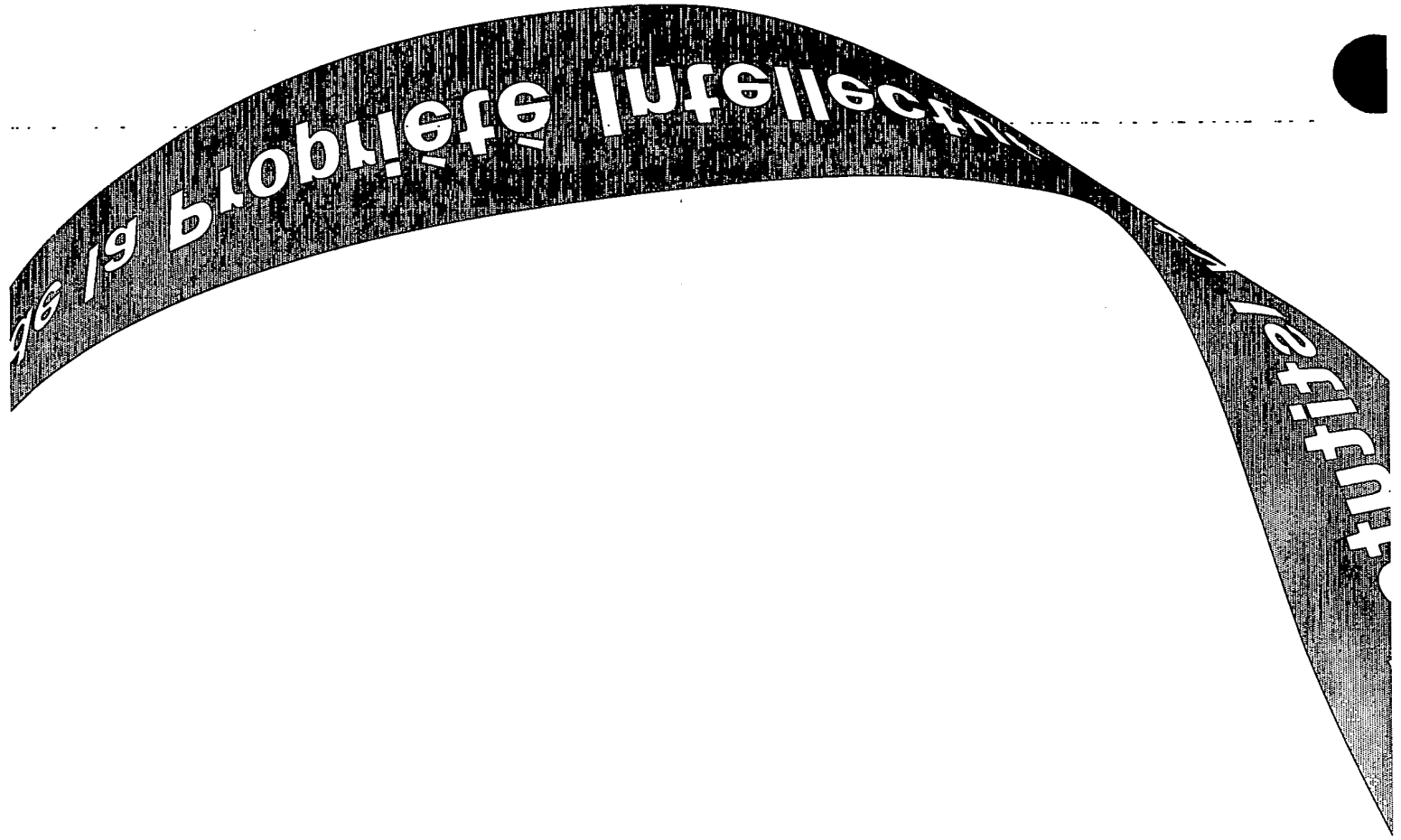
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) or (b)

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

*H. Jenni*  
Heinz Jenni



Patentgesuch Nr. 2003 0722/03

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:  
Variables pneumatisches Bauelement.

Patentbewerber:  
Prospective Concepts AG  
Flughofstr. 41  
8152 Glattbrugg

Vertreter:  
Dr. R.C. Salgo European Patent Attorney  
Rütistrasse 103  
8636 Wald ZH

Anmeldedatum: 23.04.2003

Voraussichtliche Klassen: E04H

## Variables pneumatisches Bauelement

Die vorliegende Erfindung betrifft Mittel zur Veränderung der Betriebsparameter bei einem pneumatischen Bauelement nach dem

5 Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Solche pneumatische Bauelemente, im Folgenden auch Bauelemente genannt, sind an sich bekannt, beispielsweise aus WO 01/73245 (D1).

10 Dabei besteht das Bauelement aus einem beispielsweise textilarmierten flexiblen gasdichten Hohlkörper. An diesem ist auf der Aussenseite mindestens ein längs einer Mantellinie verlaufender Druckstab so angeordnet, dass er nicht ausknicken kann. An den Enden dieses Druckstabes sind zwei Zuelemente befestigt, welche den im Wesentlichen rohrförmigen

15 Hohlkörper in gegenläufigem Schraubungssinne einmal umschlingen und einander auf einer Mantellinie des Hohlkörper, welche jener des Druckstabes gegenüberliegt, auf der halben Länge des Hohlkörpers überkreuzen. Die Stellen, wo der Druckstab mit den Zuelementen verbunden ist, sind Knoten, in welche

20 auch die Auflagekräfte eingeleitet werden. Damit werden in das pneumatische Bauelement keine Biegemomente eingeführt ausser jenen, die aus der Nutzlast - und dem Gewicht - des Bauelementes herrühren.

Mittel für die Veränderung der Betriebsparameter solcher Bauelemente sind ebenfalls bereits bekannt aus dem CH Patentge-

25 such CH 2003 0494/03 (D2).

Das in D1 offenbarte Bauelement weist verschiedene, sich im Betrieb äussernde Nachteile auf: Das Bauelement oder eine Kombination mehrerer Bauelemente wird beim Aufbau über ein

30 oder mehrere Ventile mit Druckluft beaufschlagt und behält anschliessend die beaufschlagte Druckluftmenge bei. Die drei wesentlichen Betriebsparameter des Elementes sind, isoliert von äusseren Lasten betrachtet, der Druck im Hohlkörper, die Zugspannung in den Zuelementen und die Druckspannung im

35 Druckstab. Sie sind definiert durch die Geometrie der Einzelteile und durch den anfänglich gewählten Betriebsdruck im Hohlkörper.

Mit Ausnahme des Druckes in den Hohlkörpern, sofern er über Ventile und Druckleitungen während des ganzen Betriebes geregelt wird, bleiben die Grössen beim unbelasteten Bauelement im Wesentlichen unverändert und können nicht an besondere Betriebszustände angepasst werden. Die in D2 offenbarten Mittel zur elektrischen Variation der Betriebsparameter bestehen aus einer Vorrichtung zur elektrothermisch fluidverstärkten Hohlkörperüberdruckveränderung und aus der Verwendung elektroaktiver Werkstoffe zur Erhöhung und Verminderung der Zug- und Druckelementspannung respektive deren Länge.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung von pneumatischen Bauelementen mit Zug- und Druckelementen, deren Betriebsparameter Hohlkörperüberdruck und Zug- und Druckelementspannung auf einfache Weise und mit bewährten pneumatischen, hydraulischen oder mechanischen Mitteln entweder einzeln oder simultan variiert, kontrolliert und geregelt werden können.

Eine derartige Kontrollvorrichtung ist sehr vorteilhaft, um beispielsweise durch Temperaturschwankungen hervorgerufene Druckveränderungen auszugleichen; sie ermöglicht eine selbsttätige Sicherheits-, Energie- und Formkontrolle von Bauteilen und macht aus dem Bauelement eine intelligente, adaptive Struktur, welche sinnreich den aufgrund von veränderlichen Betriebsparametern wechselnden Umständen angepasst werden kann.

Die Lösung der Aufgabe ist wiedergegeben im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 hinsichtlich ihrer wesentlichen Merkmale, in den weiteren Ansprüchen hinsichtlich ergänzender vorteilhafter Ausbildungen.

Abgesehen von äusseren Lasten oder Kräften üben Temperaturschwankungen unter normalen Umständen den Haupteinfluss auf die Betriebsparameter aus. Meteorologisch und klimatisch bedingt ergeben sich schnell Temperaturunterschiede von  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  und mehr. Die Grössenordnungen der dadurch verursachten Parameteränderungen werden im Folgenden kurz veranschaulicht:

Der grössten relativen Änderung unterliegt der Hohlkörperinnendruck. Bei einem Temperaturanstieg von 0°C auf 20°C nimmt der Druck eines trockenen Gases unter der Annahme gleichbleibenden Volumens um rund 7%, bei einem Anstieg auf 30°C um 11% zu. Die Temperaturexension eines Druckstabes aus Aluminium beträgt für eine Temperaturdifferenz von 20°C 0.05% (auf 10m ergibt dies 5mm Ausdehnung).

Für die Zuelemente, die in erster Näherung der Länge des Druckstabes entsprechen (für  $\gamma=L/D\approx 20$ ), sind absolute Längenänderungen in derselben Grössenordnung zu erwarten falls Stahlseile benutzt werden. Faserverbund-Kunststoffe weisen je nach Art einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf, der circa doppelt so gross, auf jeden Fall aber grösser ist als derjenige von Aluminium.

15

Der akuteste Regelbedarf besteht also beim Parameter Hohlkörperdruck, insbesondere weil mit Erhöhung des Druckes gleichzeitig die Spannung in den Zuelementen und somit auch im Druckstab erhöht wird.

20 Zur Regulierung des Druckes bestehen gemäss dem idealen Gasgesetz prinzipiell drei Möglichkeiten: Die Änderung des Volumens, die Änderung der Gasmenge und die Änderung der Temperatur.

Die letzte Möglichkeit spielt beispielsweise bei einer Anwendung im Weltall eine Rolle, wo kein atmosphärisches Gas zum Beaufschlagen des Hohlkörpers zur Verfügung steht und wo die Temperatur mit mehr oder weniger Abschattung des Hohlkörpers reguliert werden kann und somit Sonnenenergie zur Beheizung genutzt werden kann. In den meisten anderen Fällen ist es einfacher und günstiger, den Druck durch Veränderung der Gasmenge zu regulieren. Dies gilt umso mehr als die Drucke in den pneumatischen Bauelementen nicht sehr gross sind (<1bar), was die notwendige Energie für die Kompression der Luft gering hält.

35 Ein Beispiel für eine Druckregulierung durch Änderung des Volumens wurde in D2 offenbart. Natürlich ist es möglich, das Volumen durch Einbringen eines Körpers, direkt oder in einer Hülle, fest oder flüssig, zu verringern und so den Druck im

Hohlkörper zu erhöhen. Solche Vorrichtungen mindern aber den Gewichtsvorteil des Bauelementes oder machen ihn gar zunichte.

Die Methode, welche praktischerweise für die Druckregulierung bleibt, ist somit das Einbringen eines Gases oder eines Gasgemisches zur Erhöhung und das Ablassen desselben zur Erniedrigung des Druckes. Denkbar ist dazu die Verwendung von verflüssigten Gasen. Dafür gilt aber erneut, dass deren Einsatz teuer und aufwändig ist und daher lediglich in der Raumfahrt, wo keine Atmosphäre vorhanden ist, angewendet werden muss. Ansonsten besteht die günstigste Lösung darin, Umgebungsluft mittels eines Kompressors in den Hohlkörper hineinzupumpen. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Kompressor im Bauelement integriert ist oder das komprimierte Medium ventilgesteuert via Druckleitungen auf mehrere Bauelemente verteilt wird. Es ist ausserdem unerheblich, wie dieser Kompressor betrieben wird. Denkbar ist eine Wärmekraftmaschine oder ein Elektromotor. Dem Fachmann sind weitere Energiequellen zum Betrieb eines solchen Kompressors oder einer Luftpumpe hinlänglich bekannt und werden hier nicht näher erläutert.

Der Hohlkörperinnendruck kann mittels einer Steuer- und Regelelektronik in Verbindung mit einem Drucksensor im gewählten Druckbereich gehalten werden. Meldet der mit der Regelelektronik verbundene Drucksensor eine Überschreitung des gewählten maximalen Hohlkörperinnendruckes, so öffnet die Regelelektronik ein Ablassventil und lässt soviel Druckluft aus dem Hohlkörper entweichen, bis der Druck wieder innerhalb des gewählten Druckbandes befindet. Im Falle einer Unterschreitung des gewählten Minimaldruckes wird der Hohlkörper auf Veranlassung der Regelelektronik mit zusätzlicher Druckluft beaufschlagt. Diese Druckluft wird z.B. von einem Druckspeicher oder direkt von einem Kompressor bereitgestellt. Erfindungsgemäss ist auch die Ergänzung der oben beschriebenen Regelelektronik mit mindestens einem im oder am Bauelement angebrachten Temperatursensor.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele in den beigefügten Zeichnungen wird der Erfindungsgegenstand näher erläutert.

Es zeigen

5 Fig. 1 eine Isometrie eines pneumatischen Bauelementes nach dem Stande der Technik,

10 Fig. 2a,b,c eine schematische Darstellungen eines ersten Ausführungsbeispiels einer Aktoreinheit zur Überwindung grösserer Stellwege,

Fig. 3 eine schematische Darstellungen eines zweiten Ausführungsbeispiels mit variierbarer Zugelementlänge,

15 Fig. 4 eine schematische Darstellungen eines dritten Ausführungsbeispiels mit variierbarer Druckstablänge,

20 Fig. 5 eine schematische Darstellungen eines vierten Ausführungsbeispiels einer Aktoreinheit mit Kraftumkehrung.

Fig. 1 ist eine Isometrie eines pneumatischen Bauelementes  
25 gemäss dem Stande der Technik. Es ist aufgebaut aus einem im Wesentlichen zylindrischen gasdichten Hohlkörper 1 der Länge  $L$ , dem Durchmesser  $D$  und mit zwei Kappen 5. Ein Druckstab 2 ist zwischen zwei Knotenelementen 3 eingespannt. An diesem sind auch zwei Zugelemente 4 befestigt, welche in gegenläufigem Schraubungssinne um den Hohlkörper 1 geführt sind und an  
30 diesem straff anliegen. Die Zugelemente 4 überkreuzen einander auf einer Mantellinie 6, welche dem Druckstab 2 gegenüber verläuft, auf der halben Länge des zylindrischen Hohlkörpers 1 an einer Kreuzungsstelle 7.

35

Fig. 2 und Fig. 5 zeigen Aktoreinheiten 12 zur Veränderung der Längen der Zugelemente oder des Druckstabes.



Als Aktoren 11 zur Spannungserzeugung kommen in Frage entweder direkt oder als Teil einer Aktoreinheit 12, zur Erzeugung von Druckspannung:

- Druckblase auf Druck. Eine flexible, dichte Hülle liegt zwischen zwei Anschlüssen und drückt diese auseinander, sobald sie mit einem Fluid unter Druck gesetzt wird.
- Hydraulik- oder Pneumatikzylinder.
- Gewindetrieb.
- Zahnstange in Kombination mit Zahnrädern.

10

zur Erzeugung von Zugspannung:

- Druckblase auf Zug beansprucht.
- Pneumatischer künstlicher Muskel (PAM Pneumatic Artificial Muscle) z.B. McKibben-Muskel
- 15 - Umsetzung einer Rotation mittels Seil- oder Kettentrieb.
- Gewindetrieb.
- Zahnstange in Kombination mit Zahnrädern.

Gemäss Fig. 5 kann die Variation der Spannungen an sich sowohl im Druckstab 2 als auch in den Zugelementen 4 mit denselben Aktoren 11 herbeigeführt werden. Wie in Fig. 5 schematisch dargestellt, kann nämlich mit jedem Zugaktor mittels geeigneter mechanischer Kraftumsetzung auch eine Druckkraft erzeugt werden und umgekehrt. Dies kann zum Beispiel via Überlappung der beiden gegeneinander bewegten Anschlüsse 8,9 erfolgen, wodurch aus einer divergenten Bewegung - die beiden äusseren Enden des Aktors 11 entfernen sich voneinander - eine konvergente wird - die beiden Anschlüsse 8,9 der Aktoreinheit 12 nähern sich einander an. Wie das im Detail gelöst werden kann ist jedem Fachmann bekannt.

Fig. 2a bis 2c sind schematische Darstellungen einer linearen Aktoreinheit 12 mit zwei Feststelleinheiten 10a,b einem eigentlichen linearen Aktor 11 mit einem maximalen Stellweg  $\Delta l$  und zwei Anschlüssen 8,9, welche die Bewegung des Aktors 11 übertragen. Sehr kleine Stellwege linearer Aktoren 11 können auf diese Weise für grössere Bewegungen genutzt werden. Durch die Kombination von Arretierung und Aktorbewegung kann der

begrenzte, maximale Stellweg eines beliebigen Linearaktors 11 zu langen Gesamtstellwegen addiert werden. Dies funktioniert analog dem Fortbewegungsprinzip einer Raupe:

Fig. 2a zeigt die Aktoreinheit 12 in Ausgangsposition. Beide  
5 Enden des Aktors 11 sind mittels der Feststelleinheiten 10a,b lösbar am Anschluss 8 fixiert. Die Fixierung kann, um zwei konkrete Beispiele zu nennen, mittels Klemmvorrichtungen oder, falls am Anschluss 8 eine Zahnstange angebracht ist, mittels gebremster Zahnräder erfolgen. Weitere Möglichkeiten  
10 sind dem Fachmann bekannt. Im nächsten Schritt wird die Feststelleinheit 10a gelöst und der Aktor 11 wird auf seine Maximallänge ausgefahren, wie in Fig. 2b gezeigt. Anschliessend wird die Feststelleinheit 10a an der neuen Stelle am Anschluss 8 fixiert und danach die Feststelleinheit 10b gelöst.  
15 In Fig. 2c ist die Aktoreinheit 12 dargestellt nachdem der Aktor 11 wieder auf seine Minimallänge verkürzt worden ist. Nun kann auch die Feststelleinheit 10b wieder fixiert werden. Die Aktoreinheit 12 wurde um die Länge  $\Delta l$  verkürzt und ist bereit für einen weiteren Schritt. Für die Steuerung dieses  
20 Vorganges sind eine Steuerelektronik sowie mindestens ein Sensor zur Bestimmung der relativen Lage des Anschlusses 8 gegenüber dem Anschluss 9 vorhanden.

Eine erste Möglichkeit zur Verlängerung des Druckstabes 2,  
25 respektive der Länge zwischen den beiden Knotenelementen 3, besteht darin, den Druckstab 2 an sich unverändert zu lassen, aber ein Knotenelement 3 entlang des Druckstabes 2 zu verschieben und so die wirksame Länge zwischen den Knoten 3 zu variieren. Die Verschiebung des Knotens 3 kann mittels Zahn-  
30 stange, Gewindetrieb oder auch mittels pneumatischen oder hydraulischen Zylinders geschehen.

Eine zweite, in Fig. 4 veranschaulichte, Möglichkeit besteht darin, den Druckstab 2 selbst längenveränderlich zu gestalten. Dazu ist er beispielsweise mindestens zweigeteilt und  
35 diese zwei Teile sind in axialer Richtung mittels eines Aktors 11 oder einer Aktoreinheit 12 gegeneinander verschiebbar. Die Knoten 3 sind je mit einem der Druckstabteile kraftschlüssig verbunden. Im dritten Ausführungsbeispiel, darge-

stellt in Fig. 4, ist der Aktor oder eine Aktoreinheit 12 direkt am Knotenelement 3 angebracht. Wird der Aktor 11 zwischen einem Knoten 3 und einem Ende des Druckstabes 2 angebracht, so muss der Druckstab 2 nicht zweiteilig ausgeführt sein. Die gestrichelte Linie stellt den maximal um  $\Delta l$  verlängerten Aktor 11 dar. Es ist denkbar, den Druckstab 2 selbst als Aktor 11 auszuführen, z.B. als Zylinder-Kolben-Anordnung, als Zahnstange-Zahnrad-Kombination oder als ein Gewindetrieb. Für die Längenänderung des Druckstabes 2 sind viele weitere Ausführungen und Aktoranordnungen möglich und es ist dem Fachmann überlassen geeignete Mittel anzuwenden.

All den obengenannten Vorrichtungen und Konstruktionen ist gemein, dass die Distanz zwischen den die Auflagekräfte aufnehmenden Knotenelementen 3 verändert wird. Dies ist für die Lagerung und Zusammenfügung der Bauelemente in einer Konstruktion zu berücksichtigen.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel für die Variation der Zugelemente. Die Spannung an den mindestens zwei Zugelementen 4 soll gleich gross sein. Dies ist für die Anordnung der Aktoren 11 zu berücksichtigten. Entweder wird für jedes Zugelement 4 ein Aktor 11 angebracht oder - einfacher und wie in Fig. 3 gezeigt - die Zugelemente 4 werden kurz vor dem Knoten 3 gebündelt und mit einem einzigen Aktor 11 oder einer Aktoreinheit 12 gleichsinnig variiert. Dadurch wird zwar die Krafteinleitung der Zugelemente 4 in den Knoten 3 leicht verfälscht, was aber bei relativ kleinen Aktordimensionen (siehe die obigen Angaben zur Ausdehnung lediglich im Promillebereich) kein Problem darstellt. Die gestrichelt gezeichneten Zugelemente 4 und Aktor 11 in Fig. 3 zeigen den Zustand des Ausführungsbeispiels bei einer maximalen Verkürzung des Aktors 11 um die Länge  $\Delta l$ .

Um den variablen Druckstab 2 und die variablen Zugelemente 4 steuern oder regeln zu können, weisen dieselben Spannungs- oder Längensensoren auf. Die Sensoren messen jederzeit den durch äussere Faktoren wie beispielsweise Lasten oder Temperatur bestimmten Spannungszustand des Bauelementes, während die Aktoren im Zusammenspiel mit einer programmierbaren Elek-

tronikschtaltung eine gezielte Anpassung dieses Zustandes erlauben.

- Die obigen Beispiele zur Spannungsänderung in Druckstab 2 und Zuelementen 4 machen deutlich, dass die Spannungen sowohl im Druckstab 2 als auch in den Zuelementen 4 gemäss dem Prinzip "actio gleich reactio" verändert werden. Generell gilt nämlich: eine Betriebsgrösse kann nicht unabhängig für sich allein verändert werden. Wird der eine Parameter erhöht, so vergrössern sich auch die anderen und umgekehrt. Bei einer Verkürzung der Zuelemente 4 schneiden diese beispielsweise tiefer in den Hohlkörper 1 ein, verringern dessen Volumen und erhöhen den Hohlkörperinnendruck. Gleichzeitig erhöht sich die Druckspannung im Druckstab 2.
- Die Spannungen im Druckstab 2 und in den Zuelementen 4 stellen gewissermassen eine Vorspannung des Bauelementes hinsichtlich der Aufnahme äusserer Kräfte und Lasten dar. Die Erhöhung eines Parameters erhöht somit die Steifigkeit des Bauelementes als Ganzes, sofern die Erhöhung nicht zur Überschreitung einer Maximalspannung oder des Maximaldruckes führt.

**Patentansprüche**

## 1. Pneumatisches Bauelement

- 5       - mit einem luftdichten und durch Druckluft beaufschlagbaren langgestreckten Hohlkörper (1) aus flexiblem Material,
- 10       - mit mindestens einem Druckstab (2), der längs einer Mantellinie des Hohlkörpers (1) an diesem anliegt und gegen Verschieben und Ausknicken gesichert ist, ferner
- 15       - mit mindestens einem Paar von Zugelementen (4), die an den beiden Enden des mindestens einen Druckstabes (2) befestigt sind, zu welchem Zweck der Druckstab (2) an jedem Ende einen Knoten (3) aufweist zur gegenseitigen kraftschlüssigen Befestigung von Druckstab (2) und Zugelementen (4) und zur Aufnahme von Auflagerkräften, wobei des Weiteren die mindestens zwei Zugelemente (4) mit mindestens einem Umgang schraubenförmig gegenläufig um den Hohlkörper (1) herumgelegt sind und einander auf eine dem Druckstab (2) gegenüberliegenden Mantellinie (7) des Hohlkörpers (1) überschneiden
- 20       dadurch gekennzeichnet, dass
- 25       - Mittel vorhanden sind, mittels welchen mindestens einer der Betriebsparameter Druck im Hohlkörper (1), Länge des Druckstabes (2) oder Länge der Zugelemente (4) pneumatisch, hydraulisch oder mechanisch verändert werden können.

## 2. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- 30       - Mittel vorhanden sind, mittels welcher die Länge des Druckstabes (2) pneumatisch, hydraulisch oder mechanisch verändert werden kann.

3. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

35

die Länge des Druckstabes (2) mittels einer der Folgenden Aktoren (11) oder Aktoreinheiten (12) verändert wird, nämlich mittels

- einer Druckblase auf Druck
- oder eines Hydraulikzylinders
- oder eines Pneumatikzylinders
- oder eines Gewindetriebes
- 5 - oder einer Zahnstangen-Zahnrad-Kombination;  
oder in Verbindung mit einer Kraftumkehr mittels
- eines pneumatischen künstlichen Muskels
- oder eines Seiltriebes
- oder eines Kettentriebes;
- 10 oder mittels einer linearen Aktoreinheit (12), welche mit  
Hilfe zweier abwechselnd betätigter Feststelleinrichtungen  
(10) an den beiden Enden eines linearen Aktors (11) Mehr-  
fache des maximalen Stellweges dieses linearen Aktors (11)  
überwinden kann.
- 15 4. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass
- Mittel vorhanden sind, mittels welcher die Länge der  
Zugelemente (4) pneumatisch, hydraulisch oder mecha-  
20 nisch verändert werden können.
- 5. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 4, dadurch  
gekennzeichnet, dass
- 25 die Länge der Zugelemente (4) mittels einer der Folgenden  
Aktoren (11) oder Aktoreinheiten (12) verändert wird, näm-  
lich mittels
- eines pneumatischen künstlichen Muskels
- oder eines Seiltriebes
- oder eines Kettentriebes
- 30 - oder eines Gewindetriebes
- oder einer Zahnstangen-Zahnrad-Kombination;  
oder in Verbindung mit einer Kraftumkehr mittels
- einer Druckblase auf Druck
- oder eines Hydraulikzylinders
- 35 - oder eines Pneumatikzylinders
- oder mittels einer linearen Aktoreinheit (12), welche mit  
Hilfe zweier abwechselnd betätigter Feststelleinrichtungen  
(10) an den beiden Enden eines linearen Aktors (11) Mehr-

fache des maximalen Stellweges dieses linearen Aktors (11) überwinden kann.

- 5 6. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- Mittel vorhanden sind, mittels welcher dem Hohlkörper
- (1) Druckluft zu- oder abgeführt werden kann.
- 10 7. Pneumatisches Bauelement nach den Patentansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
- Sensoren zur Messung der variablen Betriebsparameter Hohlkörperinnendruck, Länge beziehungsweise Spannung des Druckstabes (2) oder Länge beziehungsweise Spannung der Zuelemente (4) vorhanden sind sowie dass
- 15 - eine Steuer- und Regelelektronik vorhanden ist.
8. Pneumatisches Bauelement nach den Patentansprüchen 3 und 6.
- 20 9. Pneumatisches Bauelement nach den Patentansprüchen 5 und 6.
10. Pneumatisches Bauelement nach den Patentansprüchen 3, 5 und 6.

**Zusammenfassung**

Die Länge der Zugelemente (4) eines pneumatischen Bauelementes bestehend aus einem Hohlkörper (1) mindestens zwei Zugelementen (4), zwei Kappen (5), mindestens zwei Knoten (3) und mindestens einem Druckstab (2) kann pneumatisch, hydraulisch oder mechanisch um  $\Delta l$  variiert werden. Ein Aktor (11) oder eine Aktoreinheit (12) ist zwischen den Enden der Zugelemente (4) und einem Knoten (3) angebracht. Mittels Steuer- und Regелеlektronik sowie Sensoren kann die Zugspannung in den Zugelementen (4) den Umständen angepasst werden.

(Fig. 3)

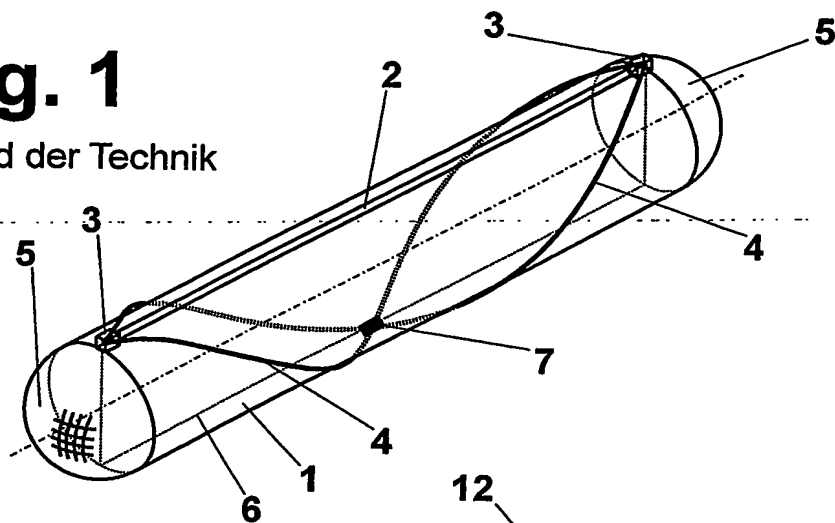


PAR-0305

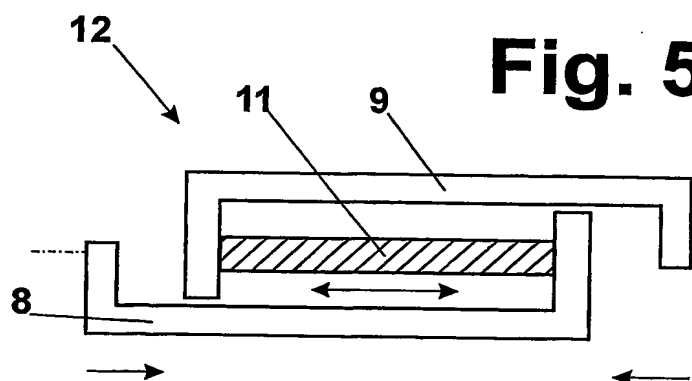
1/2

**Fig. 1**

Stand der Technik

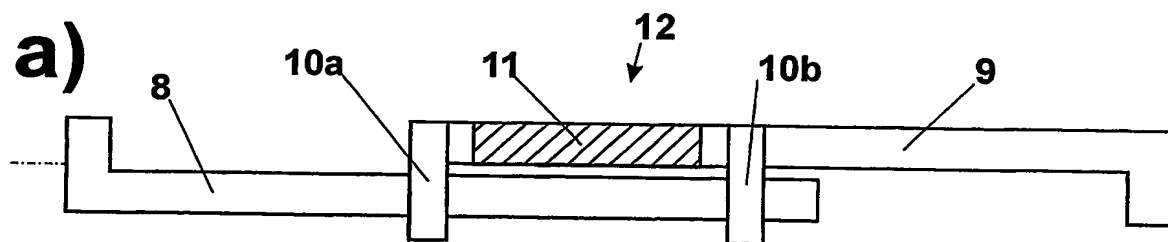


**Fig. 5**

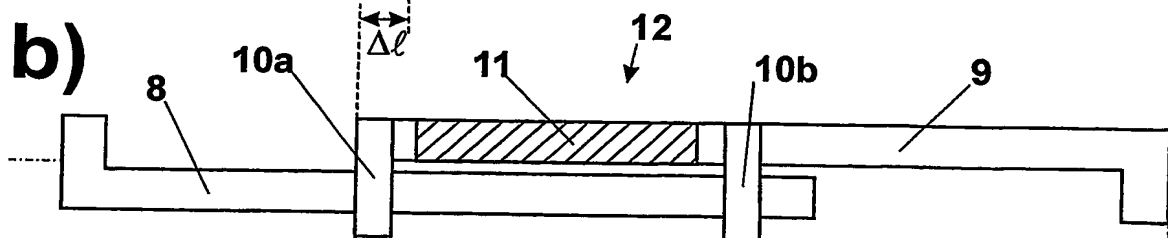


**Fig. 2**

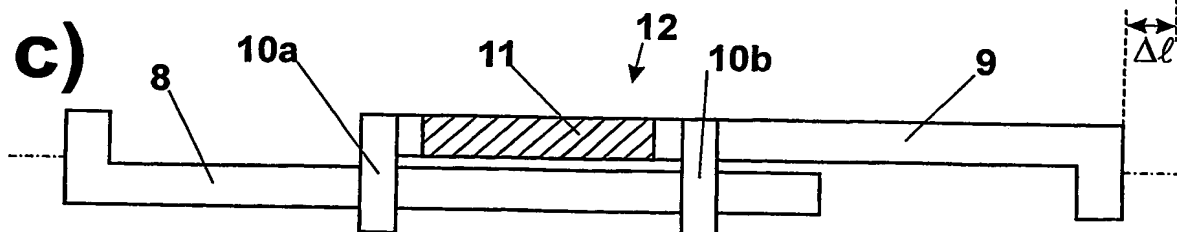
**a)**



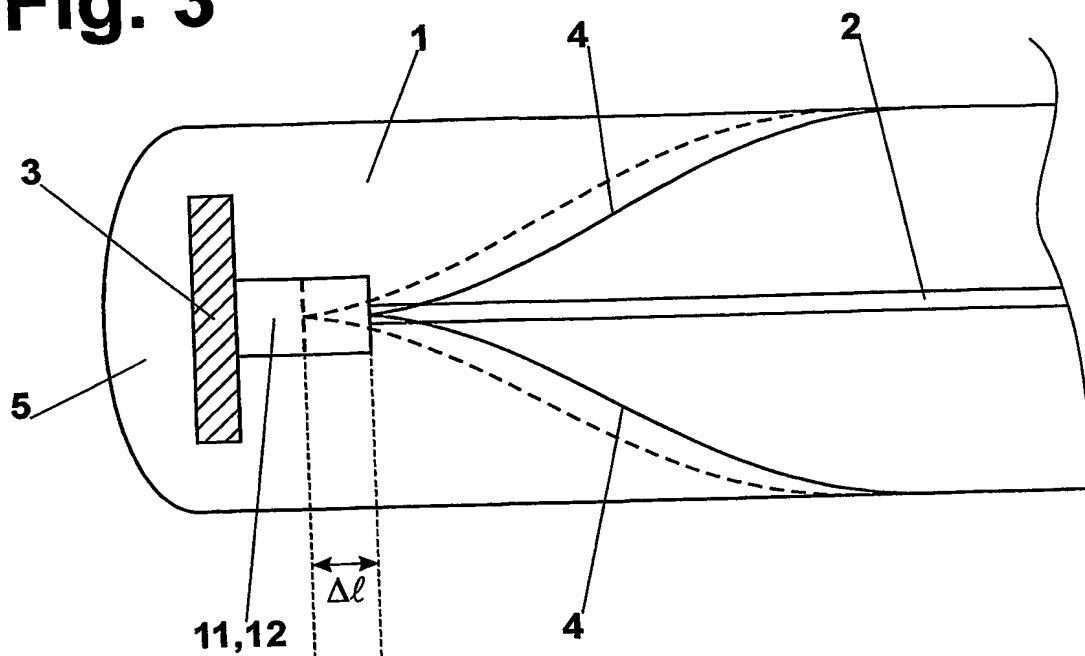
**b)**



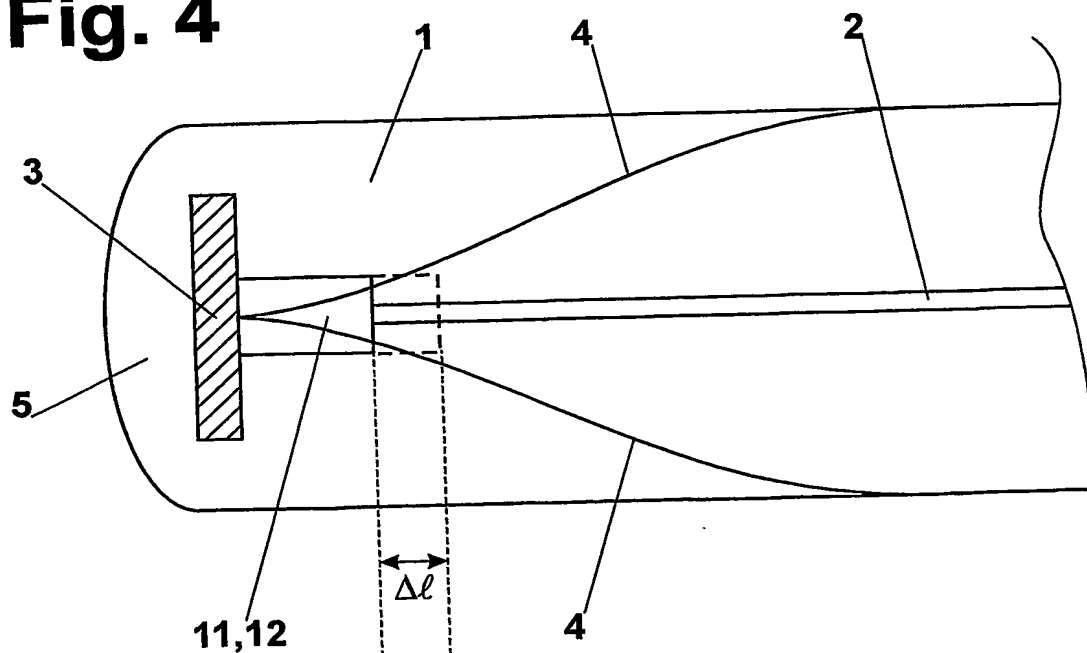
**c)**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



PCT/CH2004/000155

